



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**
⑯ **DE 100 35 949 A 1**

⑯ Int. Cl. 7:

H 01 P 1/24

DE 100 35 949 A 1

⑯ Aktenzeichen: 100 35 949.3
⑯ Anmeldetag: 21. 7. 2000
⑯ Offenlegungstag: 7. 2. 2002

⑯ Anmelder:
KNN Systemtechnik GmbH, 17033
Neubrandenburg, DE

⑯ Vertreter:
Dr. Eckner und Kollegen, 10179 Berlin

⑯ Erfinder:
Krohmann, Udo, 17033 Neubrandenburg, DE;
Neumann, Torsten, 17036 Neubrandenburg, DE;
Neumann, Bernd, 17033 Neubrandenburg, DE;
Böck, Georg, Prof. Dr.-Ing., 14089 Berlin, DE

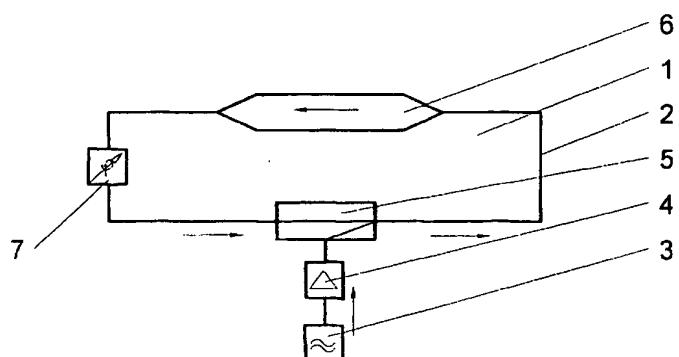
⑯ Entgegenhaltungen:
DE 29 47 918 C2
DE 693 04 383 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen elektromagnetischer Felder hoher Feldstärke und Feldstärkehomogenität

⑯ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen elektromagnetischer Felder hoher Feldstärke und Feldstärkehomogenität in beliebig großen Bereichen, in denen Gegenstände sowie feste, flüssige und gasförmige Stoffe oder Stoffgemische in einer mikrowellentechnisch ringförmig angeordneten wellenleitenden Hohlstruktur zum Zweck der Veränderung ihrer Eigenschaften, Beschaffenheit, Geometrie, Struktur und Zusammensetzung unter atmosphärischen oder nichtatmosphärischen Bedingungen wie Druck und Vakuum behandelt werden können. In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau des Ringresonators 1 dargestellt. Der Ringresonator 1 besteht aus einer wellenleitenden ringförmig angeordneten Hohlleiterstruktur 2, Generator 3, Zirkulator 4, Dreitorrichtkoppler 5, Behandlungskammer 6 und Phasenschieber 7. Die vom Generator 3 eingespeisten elektromagnetischen Wellen werden über den Richtkoppler 5 weitestgehend nur in einer Richtung weitergeleitet. Auf diese Weise verbleibt die im Ringresonator 1 nicht umgesetzte Energie nach jedem Umlauf im Ringresonator 1 und trägt somit zur Verstärkung des elektrischen Feldes bei.



DE 100 35 949 A 1

Beschreibung

[Stand der Technik]

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen elektromagnetischer Felder hoher Feldstärke und Feldstärkehomogenität in beliebig großen Bereichen, in denen Gegenstände sowie feste, flüssige und gasförmige Stoffe oder Stoffgemische in einer mikrowellentechnisch ringförmig angeordneten wellenleitenden Hohlstruktur zum Zweck der Veränderung ihrer Eigenschaften, Beschaffenheit, Geometrie, Struktur und Zusammensetzung unter atmosphärischen oder nichtatmosphärischen Bedingungen wie Druck und Vakuum behandelt werden können.

[0002] Mikrowellen finden auf vielen Gebieten Verwendung. So beispielsweise bei Rundfunk und Fernsehen, in der Radartechnik, bei der Meteorologie, Nachrichtenübertragung über Satelliten, beim sogenannten Richtfunk, in der Materialuntersuchung und zum Erwärmen von Lebensmitteln.

[0003] Bekannt ist die Mikrowellenbehandlung von Materialien unpolaren Charakters. Um die gewünschte Wirkung zu erzielen ist eine hohe elektrische Feldstärke erforderlich, die entweder mit einer entsprechend hohen Generatorleistung erzielt werden kann oder durch die Verwendung eines Resonators, der in Abhängigkeit vom zu behandelnden Gut so zu berechnen und zu gestalten ist, daß ein Bereich hoher Feldstärke entsteht. Beide Verfahren sind sehr aufwendig und schaffen in der Regel nur kleine Bereiche hoher Feldstärke bzw. Bereiche mit hohen Feldstärkeinhomogenitäten. Nicht im Behandlungsgut umgesetzte Energie wird reflektiert und über geeignete Mittel (Zirkulator) aus dem Prozeß ausgekoppelt und stellt somit einen Verlustanteil dar.

[0004] Bekannt ist die Anordnung einer ringförmigen wellenleitenden Struktur mit einem Viertorrichtkoppler als Ringresonator in der Nachrichtentechnik und für meßtechnische Aufgaben der EMV-Prüfung. Nachteilig ist, daß die mit diesem System prinzipiell erreichbare hohe Feldstärke im Belastungsfall nicht aufrechterhalten werden kann, sondern zusammenbricht und somit nicht für die Behandlung der Last zur Verfügung steht.

[Aufgabe der Erfindung]

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen elektromagnetischer Felder hoher Feldstärke und Feldstärkehomogenität in beliebig großen Bereichen anzugeben.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren und die Vorrichtung gemäß Anspruch 3. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[Beispiele]

[0007] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert.

[0008] Es zeigen

[0009] Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau eines Ringresonators,

[0010] Fig. 2 das Koppelprinzip des Resonators mit einem Dreitorrichtkoppler,

[0011] Fig. 3 einen Ringresonator mit Rückführung der reflektierten Energie.

[0012] In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau des Ringresonators 1 dargestellt. Der Ringresonator 1 besteht aus einer wellenleitenden ringförmig angeordneten Hohlleiterstruktur

2, Generator 3, Zirkulator 4, Richtkoppler 5, Behandlungskammer 6 und Phasenschieber 7. Im Bereich außerhalb des Richtkopplers 5 ist die Behandlungskammer 6 angeordnet. Nach der Behandlungskammer 6 und vor dem Richtkoppler

5 ist im Ringresonator 1 der Phasenschieber 7 angeordnet.

[0013] Die vom Generator 3 über den Zirkulator 4 in den Ringresonator 1 eingespeisten elektromagnetischen Wellen werden über den Richtkoppler 5 weitestgehend nur in einer Richtung weitergeleitet, in Fig. 1 entgegen dem Uhrzeigersinn. Auf diese Weise verbleibt die im Ringresonator 1 nicht umgesetzte Energie nach jedem Umlauf, bedingt durch die Richtwirkung des Richtkopplers 5, im Ringresonator 1 und trägt somit zur Verstärkung des elektrischen Feldes bei. Der Phasenschieber 7 verschiebt die Phase der aus der Behandlungskammer kommenden elektromagnetischen Wellen so, daß sie phasengleich mit den in den Richtkoppler 5 eingespeisten elektromagnetischen Wellen sind. Der Zirkulator 4 nimmt im System entstehende reflektierte elektromagnetische Wellen auf und schützt so den Generator 3.

[0014] Fig. 2 zeigt den Aufbau des Richtkopplers 5. Der Richtkoppler 5 besteht aus den Toren 1, 2 und 3 sowie Koppeblech 8 mit Koppelöffnung 9. Das Koppeblech 8 hat die Länge a. Die Koppelöffnung 9 ist so dimensioniert, daß die in Tor 1 eingespeiste Energie E_0 so aufgeteilt wird, daß sich ein Teil der Energie in Richtung auf Tor 3 bewegt und ein Teil der Energie an der Koppelöffnung 9 erscheint. Die am Tor 3 ankommende Energie wird dort aufgeteilt. Ein Teil dieser Energie läuft in Richtung Tor 2 und der andere Teil E_r läuft durch die ringförmig angeordnete Hohlleiterstruktur 2.

[0015] Die Lauflänge (Koppelänge) von der Koppelöffnung 9 um das Koppeblech 8 über Tor 3 wieder zur Koppelöffnung 9, d. h. etwa die doppelte Koppeblechlänge a, und die Koppelöffnung 9 sind so zu bemessen, daß die an der Koppelöffnung 9 ankommenden beiden Energieströme mit einem Phasenunterschied von 180° und gleicher Größe aufeinandertreffen, so daß sich die beiden Signale gegenseitig aufheben. Gleicher gilt in umgekehrter Richtung bei Einspeisung in Tor 2. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß den Richtkoppler 5 elektromagnetische Wellen nur in Richtung auf den Eingang der Behandlungskammer 6 verlassen.

[0016] Die Koppelöffnung 9 kann so dimensioniert sein, daß die in Tor 1 eingespeiste Energie E_0 so aufgeteilt wird, daß $2/3$ der Energie E_0 sich in Richtung Tor 3 bewegen und $1/3$ der Energie E_0 an der Koppelöffnung 9 erscheint. Die an

[0017] Tor 3 ankommenden $2/3 E_0$ werden dort zu gleichen Teilen aufgeteilt. Die eine Hälfte ($1/3 E_0$) läuft in Richtung Tor 2 und die andere Hälfte ($1/3 E_0$) läuft als E_r durch die ringförmig angeordnete Hohlleiterstruktur 2. An der Koppelöffnung 9 treffen die beiden Energieströme mit einem Phasenunterschied von 180° und gleicher Größe von je $1/3 E_0$ aufeinander, so daß sich die beiden Signale gegenseitig aufheben. Gleicher gilt in umgekehrter Richtung bei Einspeisung in Tor 2. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß den Richtkoppler 5 elektromagnetische Wellen nur in Richtung auf den Eingang der Behandlungskammer 6 verlassen.

[0018] Am Richtkoppler 5 erfolgt eine phasengleiche Rückspeisung der im Ring nicht umgesetzten Energie. Daher erfolgt mit jedem Umlauf eine Verstärkung des elektrischen Feldes in Abhängigkeit von der im Ring vorhandenen Last.

[0019] Somit sind Tor 1 und Tor 2, die über eine resonante Anordnung miteinander verbunden sind, völlig voneinander entkoppelt, wenn die Koppelänge und die Koppelöffnung exakt auf die eingespeiste Frequenz abgestimmt sind. Bei äußerst sorgfältiger Abstimmung von Koppelänge und Koppelöffnung 9 auf die eingespeiste stabile Speisefrequenz, ist eine Entkopplung von Tor 1 und Tor 2 von weit über 50 dB zu erzielen. Durch die Ausführung der Wellenleiter in Hohlleitertechnik ist eine richtungsgebundene, ent-

koppelte Energieeinspeisung am Tor 1 und/oder Tor 2 in Richtung Tor 3 mit sehr hohen Energieleistungen möglich. [0017] Das Koppelblech 8 ist im Bereich der Koppelöffnung 9 und der Tore 1, 2 und 3 so dünn dimensioniert, daß die Koppellänge zwischen Tor 1 und Tor 2 gegen 0 läuft. Die erforderliche Oberflächenleitfähigkeit des Koppelblechs 8 muß dabei erhalten bleiben. 5

[0018] Fig. 3 zeigt einen Ringresonator 1 mit Rückführung der reflektierten Energie. Um Reflexionen, die durch das Behandlungsgut (Last) 10 hervorgerufen werden, aus dem Ringresonator 1 auszukoppeln, ist im Ringresonator ein Zirkulator 4 angeordnet, der die reflektierte Energie aus der Hohlleiterstruktur 2 auskoppelt. Diese ausgekoppelte Energie kann in einer Abschlußlast verbraucht werden oder über einen weiteren erfundungsgemäßen Richtkoppler 5 dem System phasengleich zugeführt werden. 15

[0019] Die Dimensionierung der Behandlungskammer sollte so erfolgen, daß eine linear polarisierte Wellenform erhalten bleibt, um ein weitestgehend homogenes elektrisches Feld zu erhalten. 20

[0020] Die Anpassung der Behandlungskammer an das Hohlleiterystem hat so zu erfolgen, daß Reflexionen der elektromagnetischen Wellen vermieden werden. Für die Leistungseinspeisung sind elektromagnetische Wellen mit einer stabilen Arbeitsfrequenz, z. B. 2,45 GHz zu verwenden. Der erfundungsgemäße Richtkoppler sowie der Ringresonator (resonante Länge) sind entsprechend dieser Arbeitsfrequenz exakt zu dimensionieren. Die durch die in der Behandlungskammer eingebrachte Last (zu behandelnde Gut) veränderte resonante Länge, ist durch einen im Ringresonator angeordneten Phasenschieber wieder anzupassen. Die Anpassung kann vorzugsweise automatisch während der Behandlungsphase erfolgen. 25

[0021] Der Vorteil des erfundungsgemäßen Verfahrens und der Vorrichtung besteht insbesondere darin, daß sich die in den Ring eingespeiste Energie vorzugsweise nur in einer Richtung fortbewegt und die in der im Ring befindlichen Last 10 nicht umgesetzten Energieanteile über die Ringstruktur 2 der Last 10 wieder zugeführt werden. Somit erhöht sich die elektrische Feldstärke mit jedem Umlauf, bis die Feldstärke erreicht ist, die eine Umsetzung der gesamten Speiseleistung entsprechend den Lastbedingungen gewährleistet. 35

[0022] Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, daß in Abhängigkeit der verwendeten Frequenz eine größere homogene Zone des elektrischen Feldes bei fortschreitenden Wellen erzeugt werden kann. 45

[0023] Bei Realisierung eines Höchstvakuums im Ringresonator und Aufbau einer verlustfreien Hohlleiterstruktur 2 (Supraleitung) kann der erfundungsgemäße Ringresonator 50 zur Speicherung von Energie verwendet werden.

Bezugszeichenliste

1 Ringresonator	55
2 Hohlleiterstruktur	
3 Generator	
4 Zirkulator	
5 Richtkoppler	
6 Behandlungskammer	60
7 Phasenschieber	
8 Koppelblech	
9 Koppelöffnung	
10 Behandlungsgut (Last)	65

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen elektromagnetischer Fel-

der hoher Feldstärke und Feldstärkehomogenität bei dem

- die vom Generator 3 erzeugten elektromagnetischen Wellen über einen Richtkoppler 5, bestehend aus den Toren 1, 2 und 3 sowie einem Koppelblech 8 mit Koppelöffnung 9, in eine ringförmig angeordnete Hohlleiterstruktur 2 eingespeist werden,
- die an Tor 1 in den Richtkoppler 5 eingespeiste Energie E_0 so aufgeteilt wird, daß sich ein Teil der Energie in Richtung auf Tor 3 bewegt und ein Teil der Energie an der Koppelöffnung 9 erscheint und die am Tor 3 ankommende Energie dort aufgeteilt wird, wobei ein Teil dieser Energie, der dem an der Koppelöffnung 9 abgezweigten Energiestrom gleich groß ist, in Richtung Tor 2 läuft und der andere Teil E_r durch die ringförmig angeordneten Hohlleiterstruktur 2 läuft, wobei die Lauflänge von der Koppelöffnung 9 um das Koppelblech 8 über Tor 3 wieder zur Koppelöffnung 9 so dimensioniert ist, daß die an der Koppelöffnung 9 ankommenden beiden gleich großen Energieströme mit einem Phasenunterschied von 180° aufeinandertreffen,
- die an Tor 2 in den Richtkoppler 5 eingespeiste Energie E_r so aufgeteilt wird, daß sich ein Teil der Energie in Richtung auf Tor 3 bewegt und ein Teil der Energie an der Koppelöffnung 9 erscheint und die am Tor 3 ankommende Energie dort aufgeteilt wird, wobei ein Teil dieser Energie, der dem an der Koppelöffnung 9 abgezweigten Energiestrom gleich groß ist, in Richtung Tor 1 läuft und der andere Teil in die ringförmig angeordnete Hohlleiterstruktur 2 läuft, wobei die Lauflänge von der Koppelöffnung 9 um das Koppelblech 8 über Tor 3 wieder zur Koppelöffnung 9 so dimensioniert ist, daß die an der Koppelöffnung 9 ankommenden beiden gleich großen Energieströme mit einem Phasenunterschied von 180° aufeinandertreffen.,
- die an den Toren 1 und 2 in den Richtkoppler 5 eingeleiteten Energieströme am Tor 3 phasengleich zusammen treffen und sich addieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- die an Tor 1 in den Richtkoppler 5 eingespeiste Energie E_0 so aufgeteilt wird, daß sich $2/3$ der Energie in Richtung auf Tor 3 bewegen und $1/3$ der Energie an der Koppelöffnung 9 erscheint und die am Tor 3 ankommende Energie zu gleichen Teilen aufgeteilt wird, wobei eine Hälfte dieser Energie in Richtung Tor 2 läuft und die andere Hälfte als Energie E_r durch die ringförmig angeordnete Hohlleiterstruktur 2 läuft, wobei die an der Koppelöffnung 9 ankommenden beiden gleich großen Energieströme mit einem Phasenunterschied von 180° aufeinandertreffen,
- die an Tor 2 in den Richtkoppler 5 eingespeiste Energie E_r so aufgeteilt wird, daß sich $2/3$ der Energie in Richtung auf Tor 3 bewegen und $1/3$ der Energie an der Koppelöffnung 9 erscheint und die am Tor 3 ankommende Energie zu gleichen Teilen aufgeteilt wird, wobei eine Hälfte dieser Energie in Richtung Tor 1 läuft und die andere Hälfte durch die ringförmig angeordneten Hohlleiterstruktur 2 läuft, wobei die an der Koppelöffnung 9 ankommenden beiden gleich großen Energieströme mit einem Phasenunterschied von 180°

aufeinandertreffen.

3. Vorrichtung zum Erzeugen elektromagnetischer Felder hoher Feldstärke und Feldstärkehomogenität bestehend aus einem Ringresonator **1** mit einer wellenleitenden ringförmig angeordneten Hohlleiterstruktur **2**, Generator **3**, Dreitorrichtkoppler **5**, Behandlungskammer **6** und Phasenschieber **7**.
 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Richtkoppler **5** aus den Toren **1**, **2** und **3** sowie Koppelblech **8** mit Koppelöffnung **9** besteht, wobei Koppelöffnung **8** und die Länge **a** des Koppelblechs **8** in Abhängigkeit von der Arbeitsfrequenz dimensioniert sind.
 5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der wellenleitenden ringförmig angeordneten Hohlleiterstruktur **2** wenigstens ein Zirkulator **4** angeordnet ist, der die im System enthaltenen reflektierten Energieanteile aus dem System auskoppelt.
 6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Zirkulator **4** ausgekoppelten Energieanteile über einen zweiten Richtkoppler **5** dem System phasengleich zugeführt werden.
 7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlungskammer **6** so dimensioniert ist, daß eine linear polarisierte Wellenform erhalten bleibt, um ein weitestgehend homogenes elektrisches Feld zu erhalten.
 8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die in der Behandlungskammer **6** eingebrachte Last **10** veränderte resonante Länge durch den im Ringresonator angeordneten Phasenschieber **7** wieder angepaßt wird.
 9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelblech **8** im Bereich der Koppelöffnung **9** und der Tore **1**, **2** und **3** so dünn dimensioniert ist, daß die Koppellänge zwischen Tor **1** und Tor **2** gegen **0** läuft und die erforderliche Oberflächenleitfähigkeit des Koppelblechs **8** erhalten bleibt.
 10. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringresonator **1** evakuiert und mit einer verlustfreien Hohlleiterstruktur **2** (Supraleitung) ausgeführt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

- Leerseite -

This Page Blank (uspto)

Fig. 1

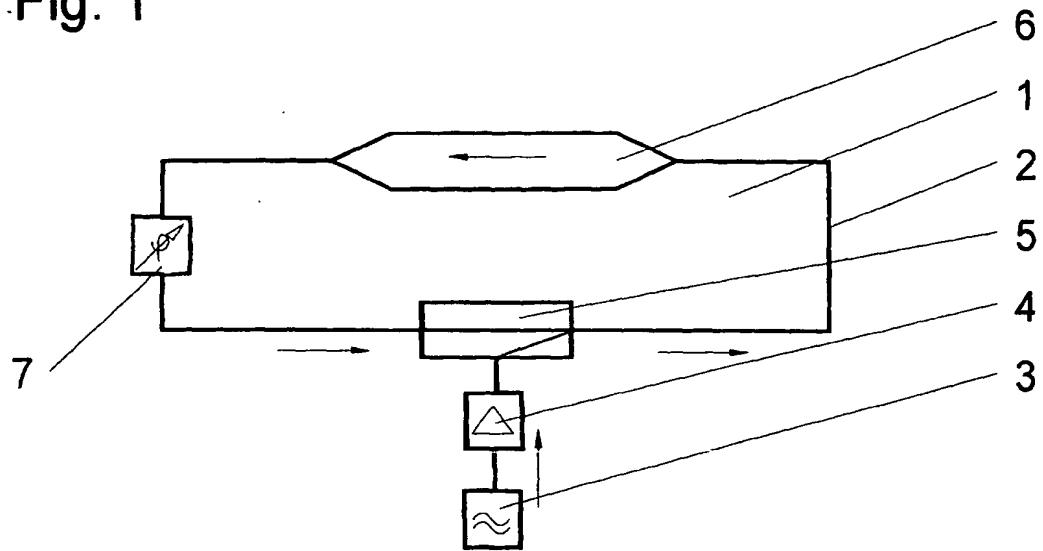


Fig. 2

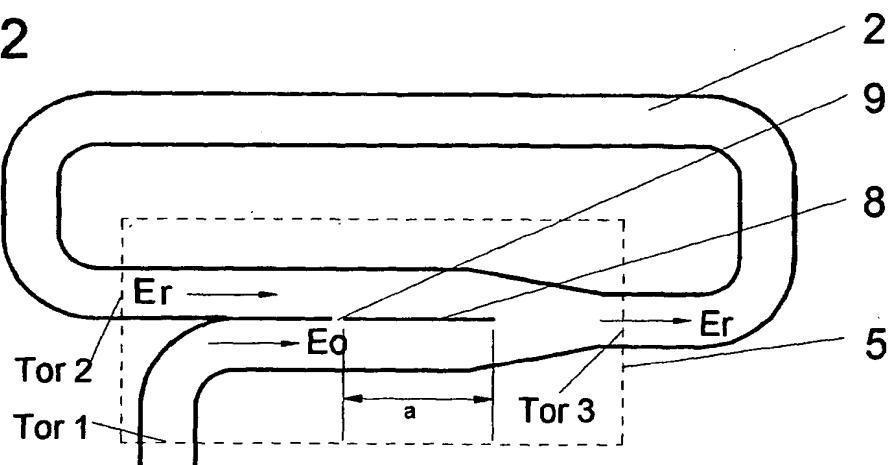
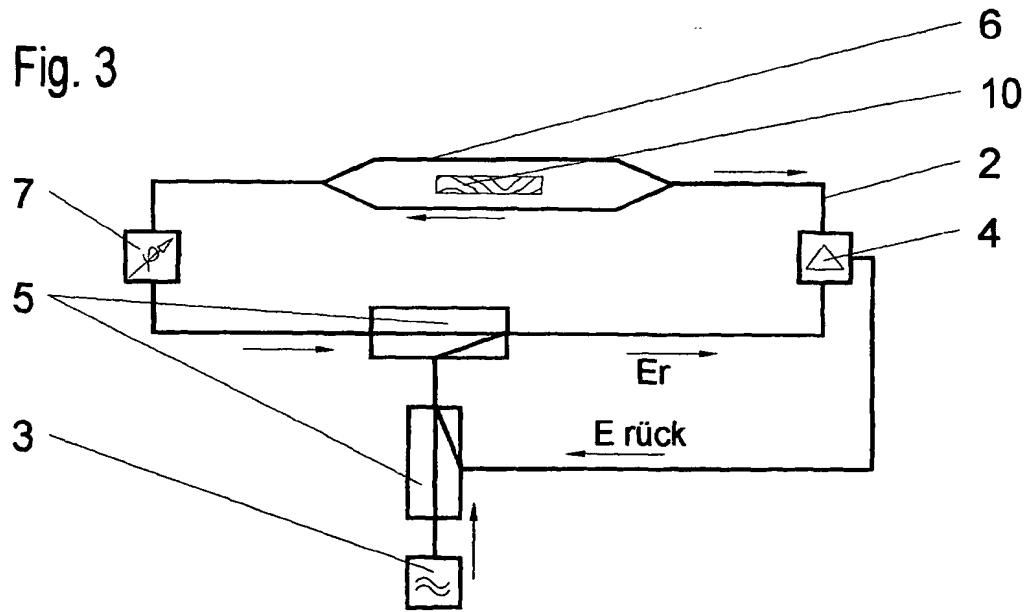


Fig. 3



This Page Blank (uspto)